

*Н. А. Лыков<sup>1,2\*</sup>, Т. В. Гонта<sup>3</sup>*

## **Современное состояние изученности опорного разреза ордовика по р. Мойеро (север Сибирской платформы), перспективы**

<sup>1</sup> Геологический институт РАН, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

\* e-mail: lykownikita@gmail.com

**Аннотация.** За последние полвека активно проводится изучение геологического строения Сибирской платформы ввиду её высокого ресурсного потенциала. Полевые биостратиграфические исследования разрез ордовика и силура по реке Мойеро впервые были проведены О.И. Никифоровой в 1952г. и уже тогда было отмечено, что это один из лучших и наиболее полных разрезов на всей Сибирской платформе, хотя и расположенный в удаленном и труднодоступном месте. Актуальность проводимых исследований заключается в доведении степени изученности уникального разреза ордовика по реке Мойеро до современного международного уровня с применением современных методов и представлений стратиграфии и седиментологии, актуализации его описания и корреляции с Международной стратиграфической шкалой ордовика и региональными шкалами.

**Ключевые слова:** стратиграфия, ордовик, конодонты, остракоды, Восточная Сибирь

*N. A. Lykov<sup>1,2\*</sup>, T. V. Gonta<sup>3</sup>*

## **The current state of knowledge of the Moyero river section (north of the Siberian platform) and prospects**

<sup>1</sup> Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the SB RAS,  
Novosibirsk, Russian Federation

\* e-mail: lykownikita@gmail.com

**Abstract.** Over the past half century, the geological structure of the Siberian Platform has been actively studied due to its high resource potential. Field biostratigraphic studies of the Ordovician and Silurian section along the Moyero River were first conducted by O.I. Nikiforova in 1952. and even then it was noted that this is one of the best and most complete sections on the entire Siberian platform, although located in a remote and inaccessible place. The relevance of the research is to bring the degree of study of the unique Ordovician section along the Moyero River to the modern international level using modern methods and concepts of stratigraphy and sedimentology, updating its description and correlation with the International Ordovician Stratigraphic Scale and regional scales.

**Keywords:** stratigraphy, Ordovician, conodonts, ostracods, Eastern Siberia

### ***Введение***

Разрез Мойеро, прослеживающийся в долине одноименной реки – один из наиболее полных и непрерывных разрезов нижнего палеозоя на Сибирской плат-

форме и ранее рассматривался в качестве опорного для севера Сибирской платформы. Первые сведения о геологическом строении этой территории связаны с геолого-съёмочными работами, проводимыми на этой территории в 1951 г. Плановые, палеонтолого-стратиграфические исследования ордовикских отложений этой территории начались с середины 1950-х годов. В 1953 г. разрез был изучен О.И. Никифоровой и А.А. Высоцким; в 1960 г – Е.И. Мягковой, А.Б. Ивановским и А.Г. Ядренкиной. Полученные результаты впервые были изложены в монографии 1963 года [1], в которой ордовик этого региона разделен на три отдела и пять региональных ярусов. В последующие годы стратиграфическое расчленение ордовика уточнялось и детализировалось [2,3]. Однако, несмотря на внимание исследователей к разрезу, особенности строения слагающих его отложений остаются до сих пор недостаточно изученными, либо их изучение не производилось вовсе.



Рис. 1. Положение разреза на карте России

### *Результаты*

В 2013-м году были произведены первые полевые работы, основной задачей которых являлось детальное изучение ордовикских отложений разреза р. Мойеро. К сожалению, из-за факторов, не зависящих от исследователей, дальнейшее изучение пришлось отложить на практически 10 лет. Последующие полевые исследования производились в 2020-м, 2021-м и 2022-м годах. В ходе этих работ был собран колоссальный фактический материал, который сейчас активно обрабатывается. Его детальное изучение позволит уточнить представления об эволюции осадконакопления, биоты и магнитного поля в ордовике Сибирской платформы. Во время полевых работ 2020-го года ряд скальных выходов, расположенных между обнажениями 75 и 76, был впервые описан и пронумерован (рис. 2 и рис. 3), был отобран фактический материал, который послужил основой современных исследований разреза, ибо до сегодняшнего дня данный участок разреза не был изучен и описан в литературе, при этом, как оказалось, он отвечает всему нижнему и частично среднему ордовику.

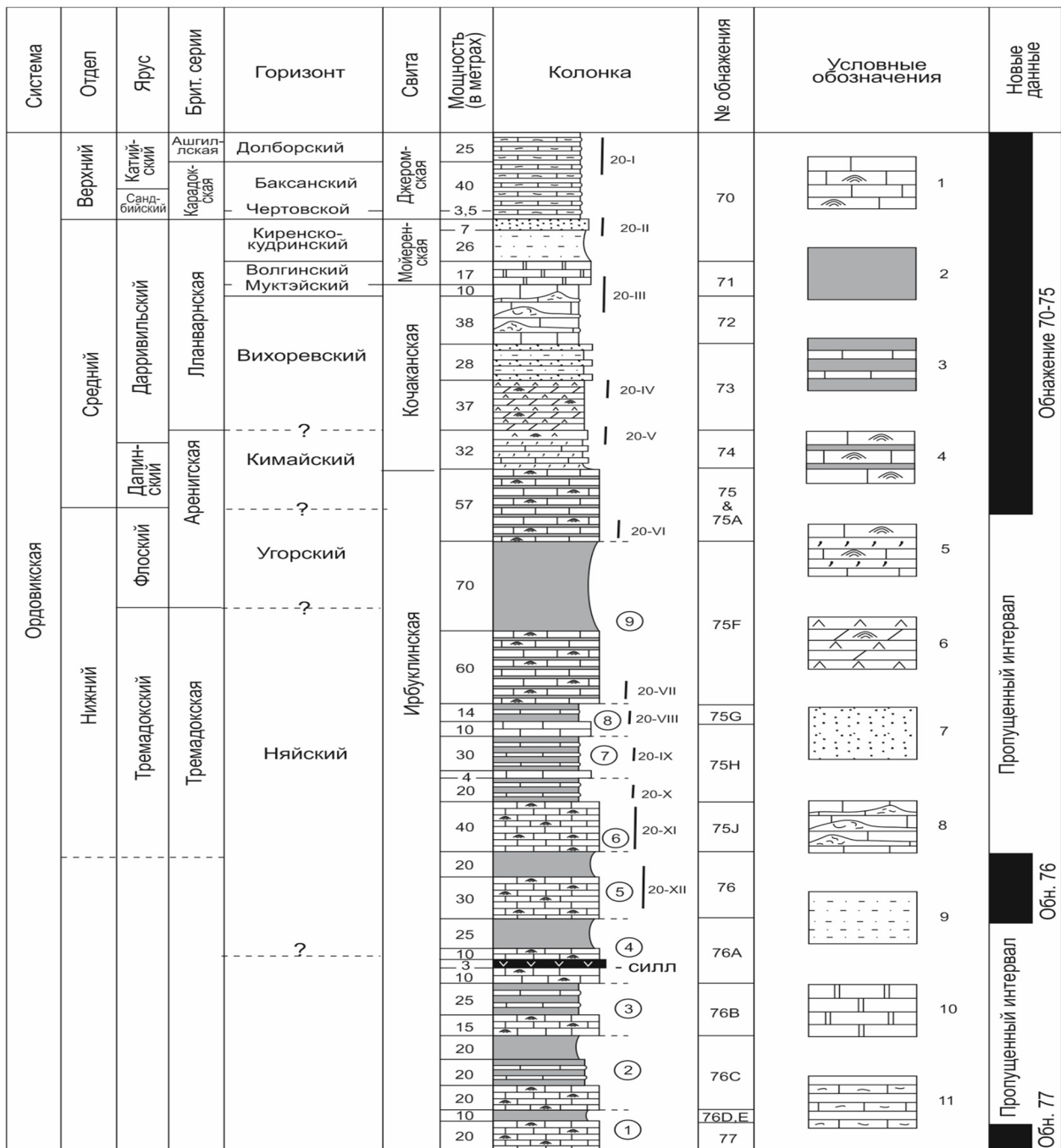


Рис.2. Литолого-стратиграфическая колонка, составленная по результатам полевых работ 2020-го года.

Условные обозначения: 1) Известняки со строматолитами. 2) Толщи с преобладанием красноцветных алевролитов. 3) Чередование пластов известняков и красноцветных алевролитов в равных пропорциях. 4) Чередование алевролитов красноцветных и известняков со строматолитами, при преобладании последних. 5) Чередование известняков со строматолитами и зеленоватых алевролитов с глауконитом. 6) Чередование гипсов и доломитов со строматолитами. 7) Кварцевые песчаники. 8) Глинистые известняки с ангарелловыми биогермами. 9) фиолетовые и бордово-красные алевролиты. 10) Серые известняки (вакстоуны). 11) Чередование биокластических известняков (пакстоунов) и зеленовато-серых или красных алевролитов.

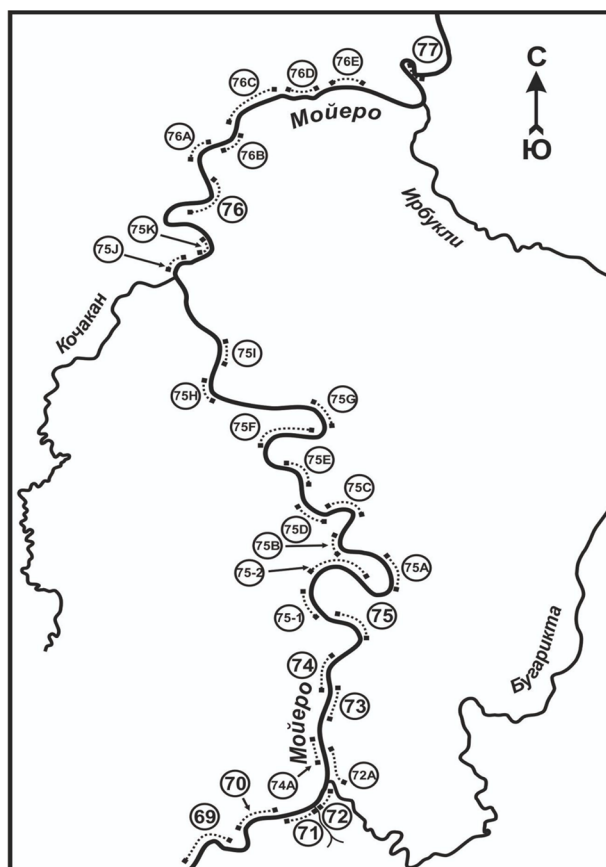


Рис. 3. Карта среднего течения долины реки Мойеро с отмеченными и пронумерованными скальными выходами, относящимися к ордовикской части разреза [1, 2, 4]

При этом уже сейчас можно сделать ряд промежуточных выводов, касающихся ордовикской части разреза, среди которых одним из наиболее важных является установление границы кембрийской и ордовикской систем. Т.Ю. Толмачевой были растворены конодонтовые пробы, собранные в 2020 г. по разрезу реки Мойеро, главным образом, в его нижней части, которая ранее детально никогда не исследовалась (во многом ввиду нехватки времени и сложных погодных условий, а также большим фронтом работ, стоявшим перед советскими геологами, кембрийские отложения были охарактеризованы как нижнеордовикские). Наиболее важным результатом оказалось обнаружение конодонтов *Hirsodontus* cf. *H. Simplex* (Druce & Jones), *Terodontus nakamurensis* (Miller) верхов верхнего кембрия (Фуронгия) в нижней части разреза обнажения №76 (детализация расположения границы планируются в будущих публикациях). Тем самым, было доказано, что отложения, выходящие на поверхность в обнажениях №76А, №76В, №76С, №76Д, №76Е и №77, расположенные ниже по течению, относятся к верхнему кембрию, а не к нижнему ордовику, как это предполагалось ранее [1, 2, 4].

Благодаря этому на основании детального макро- и микроскопического изучения нижнеордовикских отложений (верхи няйского и низы угорского горизонта нижнего ордовика) разреза р. Мойеро, выделения основных литологиче-

ских типов и анализа их распределения по разрезу, а также учета особенностей карбонатонакопления по общепринятым методикам, для рассматриваемых толщ была разработана модель осадконакопления (Лыков, 2022, рис. 5). При этом данная фациальная модель осадконакопления для данных отложений была сделана впервые. При этом нужно уточнить, что данный возрастной интервал был выбран во многом из-за нехватки фактического материала и производился только по результатам полевого сезона 2021 года, в следствие чего модель в дальнейшем будет дополняться и дорабатываться.

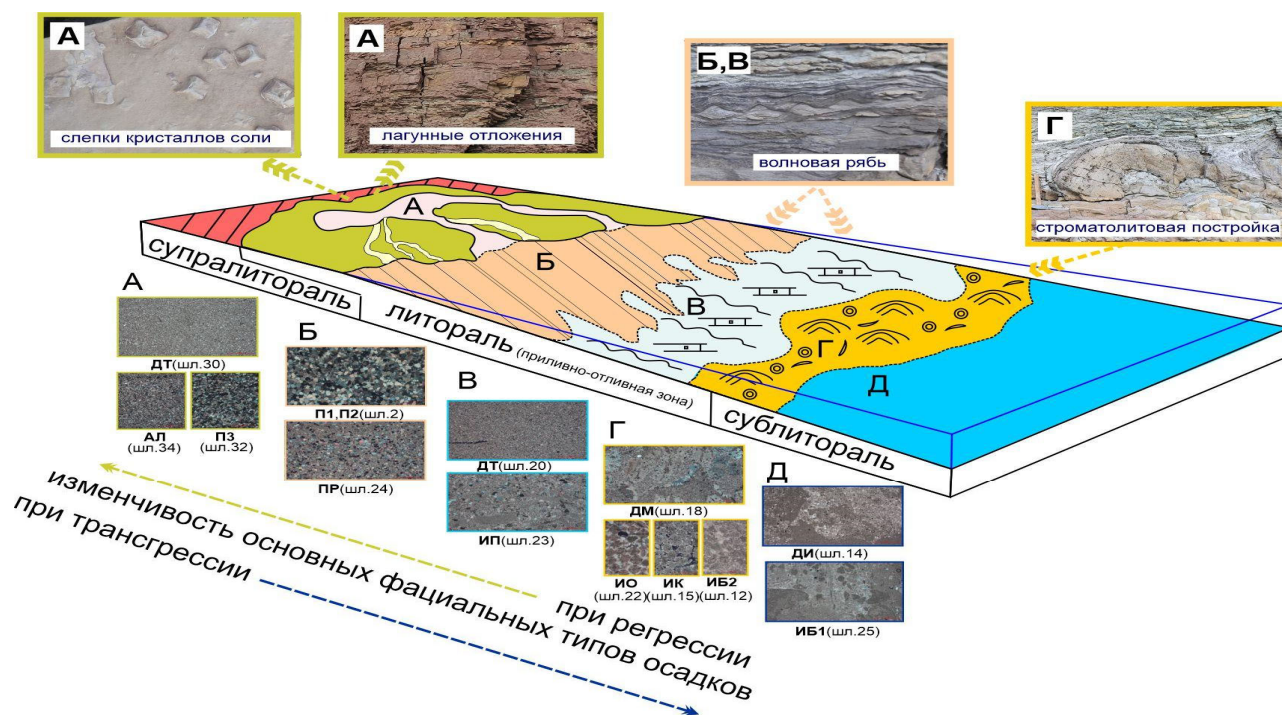


Рис. 4 Фациальная модель условий осадконакопления, построенная на основании литологической характеристики нижнеордовикских отложений разреза р. Мойеро, а также распределения основных литотипов по разрезу [5]

В отложениях нижнего ордовика были установлены циклы осадконакопления, а также выявлена изменчивость их во времени (связанные с эвстатическими колебаниями уровня моря, и связанные с этим этапы трансгрессии и регрессии на фоне теплого климата). На развитие трансгрессии указывает увеличенное содержание карбонатной составляющей, а о седиментации в условиях действия регрессии свидетельствует увеличенное содержание терригенной (кварц-силикатной) компоненты. При этом масштабность проявления данных процессов подтверждается во многом сходными с условиями формирования нижнеордовикских отложений формации Рубиду (Roubidoux Formation), вскрываемой в южной части штата Миссури (США), где описанные циклиты по своей сути являются прямыми аналогами сибирских [6].

По предварительным данным условия осадконакопления, характеризованные выше, не менялись вплоть до низов среднего ордовика, при этом граница

глобальной смены режимов осадконакопления проявлена литологически довольно четко. Она проходит по кровле хорошо маркируемого пласта розового оолитового грейнстоуна, общая мощность которого составляет до 2-х метров. Выше него залегают отложения, относящиеся к типу холодноводного карбонатакопления.

Необходимо упомянуть, что в обнажении 74 был зафиксирован локально расположенный слой брекчированной породы, представляющий собой линзу максимальной мощностью до 80 см, которая прослеживается по простиранию на расстояние около 25 метров. При этом сама линза подстилается и перекрывается пластами кварцевого песчаника, ниже подстилающего слоя кварцевого песчаника залегают, вышеупомянутый, пласт розового оолитового грейнстоуна. Линза брекчированной породы предварительно интерпретируется как фрагмент окаймляющего вала импактной структуры, образовавшейся при падении космического тела в мелководную лагуну [7].

К сожалению, лито- и циклостратиграфическая характеристика среднего и верхнего ордовика разреза пока не завершена и находится на ранней стадии изучения. Однако важно отметить, что в начале среднего ордовика (кимайский горизонт) строматолитовые постройки, которые являются основными для нижнего ордовика, в разрезе постепенно сменяются «соанитовыми» биогермами [8]. Это одиночные органогенные постройки, основным каркасообразователем в которых являются известковые губки р. *Calathium*. К концу среднего ордовика (вихоревский и муктэйский горизонты региональной шкалы) «соанитовые» биогермы сменяются «ангарелловыми» [2, 3], что может говорить о постепенном похолодании, пик которого относится к верхнему ордовика. Последние сложены преимущественно створками «ангарелл» в прижизненном положении и напоминают, в этом отношении, рудистовые рифы мелового периода. Помимо «ангарелл» в этих постройках встречаются красные водоросли, «мягковии» и «мойеронии» [9]. Смена типов органогенных построек в разрезе отражает климатические изменения и, в частности, смену тепловодного режима карбонатакопления на холодноводный [10, 11, 8].

Был зафиксирован в разрезе этап фосфатакопления, охватывающий частично средний и верхний ордовик, при этом ранее он не отмечался в литературе для данного региона. Фосфатоносные отложения фиксируются практически на всем интервале киренского, чертовского и низов баксанского горизонтов (даррвильский и сандбийский яруса). Наиболее же высокие концентрации фосфатов приурочены к слоям, собственно фосфоритов, относящиеся к границам секвенций. И был впервые зафиксирован в полевой экспедиции 2021 года [12]. При этом необходимо резюмировать, что выявленные признаки фосфоритообразования в изучаемых отложениях, являются отражением глобальных событий, генезис фосфатоносных отложений связывают с поступлением (апвеллингом) холодных насыщенных фосфатом вод, циркуляция которых возникла в эпиконтинентальном бассейне Лаврентии примерно около 454 млн лет назад и действовала до конца ордовика, что говорит о региональном распространении фосфатоносных отложений [13].

Кроме того, по распространению в разрезе комплексов бентосной и пелагической фауны (конодонты, трилобиты, остракоды, брахиоподы, акритархи) уточнены положение границ и объемы некоторых региональных стратиграфических подразделений в ранге горизонтов. В настоящее время готовятся публикации по лито-биостратиграфической характеристике чертовского, киренско-кудринского и волгинского горизонтов, каждый из которых можно предложить, как отдельные осадочные секвенции, изучение которых позволят скорректировать кривую колебаний уровня моря для верхнеордовикского интервала разреза.

Интересными оказались комплексы остракод верхнего ордовика (чертовской, баксанский и долборский горизонты), имеющие наибольшее сходство с формами, установленными в среднем течении р. П. Тунгусска (рр. Чуня, Нижняя Чунку, Большая Нирунда, скв. Гаиндинская – 3). При этом таксономический состав и структура «мойеронских» комплексов сильно отличаются от комплексов, развитых в сопредельных территориях, расположенных западнее (бассейн р. Кулюмбе, сважины Норильского района). Это меняет представление о палеобиогеографических связях палеобассейна и позволяет в дальнейшем уточнить и детализировать схемы биофациального районирования этой территории.

### *Заключение*

Как было отмечено выше, разрез реки Мойеро уникален тем, что в нем последовательно обнажаются отложения почти всех ярусов ордовикской системы, за исключением хирнантского, при этом его изученность до сих является недостаточной. В ближайшее время ожидается создание лито-биостратиграфических характеристик отдельных горизонтов, уточнение границ между ними, создание циклостратиграфических моделей осадконакопления. При этом отложения ордовика Сибирской платформы, с точки зрения эволюции осадконакопления, чрезвычайно похожи на отложения ордовика Североамериканской платформы. В обоих случаях разрез начинается тропическими карбонатами, которые затем сменяются вверх по разрезу холодноводными. Изучение разрез по реке Мойеро предоставляет собой уникальную возможность детально проследить этот переход и связать его с глобальными климатическими и океанографическими событиями.

### *Благодарности*

Работа выполнена в рамках государственного задания ГИН РАН.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Мягкова Е.И., Никифорова О.И., Высоцкий А.А., Ивановский А.Б. Стратиграфия ордовикских и силурийских отложений долины р. Мойеро. Сибирская платформа. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 65 с.
2. Мягкова Е.И., Нестор Х.Э., Эйнасто Р.Э. Разрез ордовика и силура реки Мойеро. – Новосибирск: Наука, 1977. – 176 с.
3. Москаленко Т.А., Ядренкина А.Г. Муктэйский горизонт и его стратотип / Труды института геологии и геофизики. Выпуск 770. Новое в палеонтологии и биостратиграфии палеозоя Азиатской части СССР. – Новосибирск: Наука, 1990. – 176 с.

4. Покровский Б.Г., Зайцев А.В., Дронов А.В., Буякайте М.И., Тимохин А.В., Петров О.Л. Геохимия изотопов С, О, S, Sr и хемотратиграфия отложений ордовика в разрезе р. Мойеро, север Сибирской платформы // Литология и полезные ископаемые. – 2018. – № 4. – С. 310-336.
5. Лыков Н.А., Ростовцева Ю.В. Условия осадконакопления нижнеордовикских отложений разреза реки Мойеро (Восточная Сибирь) / Экзолит – 2022: сборник материалов. Литология осадочных комплексов фанерозоя и докембрия. Годичное собрание (научные чтения). – Москва, 2022. – С. 79-82
6. Overstreet R. B., Oboh-Ikuenobe F. E., Gregg J. M. Sequence stratigraphy and depositional facies of lower Ordovician cyclic carbonate rocks, Southern Missouri, U.S.A. // Journal of Sedimentary Research. – 2003. – V. 73 (3). – P. 421-433.
7. Дронов А.В. Загадочная линза брекчированной породы и глубокие структуры врезания (Gutter Casts) в отложениях среднего ордовика опорного разреза по р. Мойеро, Сибирская платформа // ПАЛЕОСТРАТ-2023: сборник материалов. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. – Москва, 2023. – С. 33
8. Лыков Н.А., Дронов А.В. Органогенные постройки в опорном разрезе ордовика по р. Мойеро (Сибирская платформа): результаты исследований 2021-2022 г. // ПАЛЕОСТРАТ-2023: сборник материалов. Годичное собрание (научная конференция) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтологического общества при РАН. – Москва, 2023. – С. 41-41
9. Dronov A.V., Munnecke A., Kushlina V.B. A new-type of cool-water carbonate buildups: Middle Ordovician Moyeronia-Angarella “reefs” of the Siberian Platform // 12th International Symposium on the Ordovician System. Short papers and abstracts. – 2015b. – P. 99–100.
10. Dronov A. Late Ordovician cooling event: Evidence from the Siberian Craton // Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol. – 2013. – V. 389. – № 1. – P. 87-95.
11. Дронов А.В., Зайцев А.В. Холодноводные карбонаты в верхнем ордовике Сибирской платформы // Концептуальные проблемы литологических исследований в России. Материалы 6-го Всероссийского литологического совещания (Казань, 26–30 сентября 2011 г.). – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2011. – С. 280-284.
12. Лыков Н.А., Ростовцева Ю.В., Дронов А.В. Первая находка фосфоритов в верхнеордовикских отложениях разреза Мойеро (Восточная Сибирь) // Материалы Всероссийской научной конференции фундаментальные проблемы изучения вулканогенно-осадочных, терригенных и карбонатных комплексов (Литол 2023). – М.: ГЕОС, 2023. – С. 94-99.
13. Pope M.C., Steffen J.B. Widespread, prolonged late Middle to Late Ordovician upwelling in North America: A proxy record of glaciation? // Geology. – 2003. – V. 31(1). – P. 63-66.

© Н. А. Лыков, Т. В. Гонта, 2023